

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-058276

(43)Date of publication of application : 02.03.1999

(51)Int.Cl.

B25J 9/22
G05B 19/4068
G05B 19/42

(21)Application number : 09-243493

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 26.08.1997

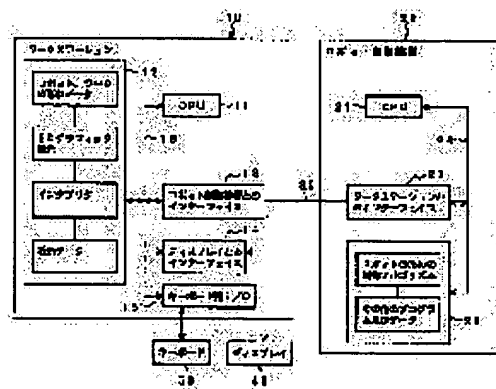
(72)Inventor : WATANABE ATSUSHI
ITO TAKAYUKI
TERADA TOMOYUKI

(54) OFF-LINE SIMULATION SYSTEM OF ROBOT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an off-line simulation system for a robot not requiring a control algorithm to be constructed on a user interface.

SOLUTION: A work station 10 to be a user interface and a robot control device 20 are connected to each other by a telecommunication line such as a telephone line, etc., on this system. A teaching data of an action program to be a simulation object is converted to an action command data by an interpreter in order, and it is transmitted to the robot control device 20 by using interfaces 13, 14 and the telecommunication line 30. The robot control device 20 carries out a route plan by using a control algorithm which it originally has, calculates an interpolation point in order and transfers it to the work station 10. The work station 10 displays an action route on a display 40 by a sequence of points, etc., by using a 3D graphic display function in accordance with these interpolation point data and shape data of the robot and the work.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.09.2003
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-58276

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月2日

(51) Int. CL⁶

識別記号

P I

B 2 5 J 9/22

B 2 5 J 9/22

A

G 0 5 B 19/4068

G 0 5 B 19/406

Q

19/42

19/42

J

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-243493

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月26日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 渡辺 淳

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 伊藤 幸幸

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3590番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 寺田 知之

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3590番地 ファナック株式会社内

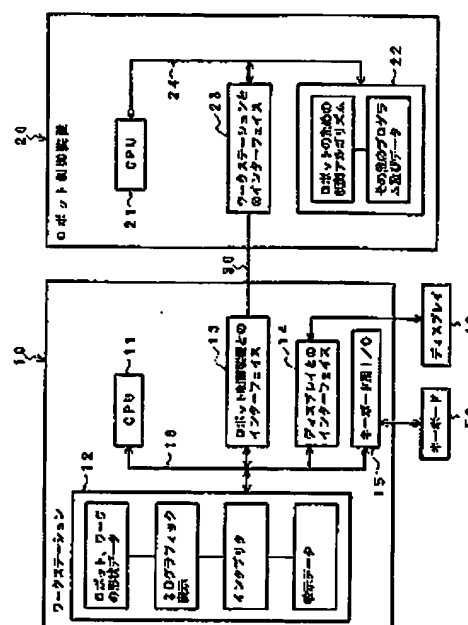
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 ロボットのオフラインシミュレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】 制御アルゴリズムをユーザインターフェイス上に構築する必要のないロボットのためのオフラインシミュレーションシステム。

【解決手段】 ユーザインターフェイスとなるワークステーション10とロボット制御装置20が電話回線等の通信回線30で接続される。シミュレーション対象とされる動作プログラムの教示データは、順次「インタプリタ」で動作命令データに変換され、インターフェイス13、14及び通信回線30を用いてロボット制御装置20へ送信される。ロボット制御装置20は、元来より有している制御アルゴリズムを用いて経路計画を行い、節間点を順次割り出し、ワークステーション10へ転送する。ワークステーション10は、それら節間点データとロボット、ワークの形状データに基づき、3Dグラフィック表示機能を用いてディスプレイ40上に動作経路を点列等で表示する。



(2)

特開平 11-58276

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ユーザインターフェイスを構成するコンピュータと、前記コンピュータをロボットの制御アルゴリズムを装備したロボット制御装置に接続するための接続手段と、シミュレーション対象とされた動作プログラムについてシミュレーション実行指令を受けた時に前記動作プログラムに基づいて前記ロボットの動作をロボット制御装置に計算させる手段と、前記計算結果を前記コンピュータに前記接続手段を介して送る手段と、前記ロボット制御装置から前記コンピュータに送られた計算結果に基づいて動作シミュレーションの結果を表示するシミュレーション結果表示手段を備えた、ロボットのオフラインシミュレーションシステム。

【請求項 2】 前記ロボット制御装置と前記コンピュータとの間の前記接続手段が、電話回線を含んでいる、請求項 1 に記載されたロボットのオフラインシミュレーションシステム。

【請求項 3】 少なくとも前記シミュレーション実行指令の入力が可能な操作手段と、前記シミュレーション結果表示手段とは、前記ユーザインターフェイスを構成するコンピュータに付属している、請求項 1 または請求項 2 に記載された、ロボットのオフラインシミュレーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、産業用ロボット（以下、単に「ロボット」と言う。）のためのオフラインシミュレーションシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】 ロボットにオフラインで動作を教示する一つの方式として、ロボットの真機を制御する制御装置（以下、「ロボット制御装置」と言う。）とは別にコンピュータ（オフラインプログラミング装置）を用意し、このコンピュータ上でロボットを仮想的に構築し、この仮想構築されたロボットをキー操作で動作させながら、動作プログラムを作成していくという方式がある。そして、この方式を拡張したものとして、作成された動作プログラムの再生運転（動作シミュレーション）をコンピュータ上で行なわせるようにしたオフラインシミュレーションシステムが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記システムは、動作プログラムの作成に加えて、その動作プログラムによる動作の確認、更に、それに基づく動作プログラムの修正等をオフラインで行える点で非常に有用なものであるが、実際にこれを採用するにあたっては大きな問題に直面する。

【0004】 即ち、上記従来のシステムを用いて動作シミュレーションを行なう場合には、実際にロボット（真機）を制御する際に用いられるのと同等の制御アルゴリ

2

ズムをユーザインターフェイスとして使用されるコンピュータ上に構築する必要がある。これらアルゴリズム及び関連データには、例えば、ロボット制御装置と同等の態様で加減速制御の内容を定め、補間処理、逆変換処理等を実行するためのものが含まれる。要するに、ユーザインターフェイスとして使用されるコンピュータ上に、実際にロボットの制御に用いられるロボット制御装置とは同等の制御アルゴリズムを構築しなければならない。

【0005】 ユーザインターフェイス側で用意する制御アルゴリズムを簡単なものですませればこの負担は軽減されるが、当然、シミュレーションの精度も低下する。従って、従来方式で精度の良い動作シミュレーションを行うためには、ユーザインターフェイス上に制御アルゴリズムを構築するために多大な工数を必要とし、短期間で安価に正確なオフラインシステムを提供することが困難だった。

【0006】 そこで、本発明の目的は、大きな作業負担を要する制御アルゴリズム並びに関連データをユーザインターフェイス側で用意する負担を無くし、動作プログラムに基づくロボットの動作シミュレーションを簡単に実行することが出来るオフラインシミュレーションシステムを提供することにある。

【0007】 また、別の観点から言えば、本発明は、ユーザインターフェイス側で制御アルゴリズムを用意する代わりに、通信回線を介してロボット制御装置に元来装備されている制御アルゴリズムを借用するという基本的な特徴を活かして、遠隔地においても電話回線を利用して端末からオフラインシステムを利用可能とし、オフラインシステムを個別に購入する必要を無くすことを企図している。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、コンピュータにロボットの真機の制御に用いることが出来るロボット制御装置を接続し、コンピュータ上の仮想的なロボットの動作をその接続されたロボット制御装置上で計算し、その計算結果をコンピュータに送り、その送られた結果に基づいて動作内容を表示装置等に出力することで、上記目的を解決したものである。

【0009】 即ち、本発明は、上記従来手法でコンピュータへの入力が必要とされるアルゴリズムや関連データの内、ロボットの動作を計算する部分（軌道計画、移動指令作成等）は、ロボット制御装置に当然用意されているものあることに着目し、その部分についてロボット制御装置の機能を一部借用することでコンピュータ上にロボット制御装置と同等の制御アルゴリズムを構築するに要した膨大な負担を不要にしたものである。

【0010】 本発明に従えば、ユーザインターフェイスを構成するコンピュータと、該コンピュータをロボット

(3)

特開平11-58276

3

するための接続手段と、シミュレーション対象とされた動作プログラムについてシミュレーション実行指令を受けた時に前記動作プログラムに基づいて前記ロボットの動作をロボット制御装置に計算させる手段と、前記計算結果を前記コンピュータに前記接続手段を介して送る手段と、前記ロボット制御装置から前記コンピュータに送られた計算結果に基づいて動作シミュレーションの結果を表示するシミュレーション結果表示手段を備えた、ロボットのオフラインシミュレーションシステムが提供される。

【0011】ロボット制御装置とコンピュータとの間の前記接続手段は、電話回線を含むものとして行うことが出来る。オフラインシステムの諸構成要素の内、少なくとも前記シミュレーション実行指令の入力が可能な操作手段と、前記シミュレーション結果表示手段とは、前記ユーザインターフェイスを構成するコンピュータに付属していることが望ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に従ったオフラインシミュレーションシステムの全体構成を要部ブロックで表わしたものである。同図に示したように、システム全体はオフラインプログラミング装置として用いられるワークステーション10、ロボット制御装置20、両者を結ぶ通信回線30、ワークステーション10に付属するディスプレイ40及びキーボード50で構成されている。

【0013】ワークステーション10はユーザインターフェイスを構成するもので、ハードウェア構成は通常のものと特に変わるところは無い。符号11で指示されたCPUに対し、バス16を介してメモリ12、ロボット制御装置20とのインターフェイス（通信インターフェイス）13、ディスプレイ30とのインターフェイス14、キーボード50用の入出力装置15等が接続されている。

【0014】メモリ12は、ROM、RAM、不揮発性メモリ等で構成される。ソフトウェアを含めた構成の観点から言えば、メモリ12と関連回路で構成されるブロックは、「ロボット、ワークの形状データ」、「3Dグラフィック表示」、「インタプリタ」、「教示データ」等の機能ブロックからなる。

【0015】なお、図2を参照して後述するシミュレーション実行時の処理（ワークステーション10とロボット制御装置20の間の論理的インターフェイス）に必要なプログラム及び関連パラメータもメモリ12に格納されるが、以下の説明ではそれらを含めて「ロボット制御装置とのインターフェイス」と呼ぶことにする。また、CPU11が行なう各種処理に必要なデータの一時記憶には、RAMで構成されるメモリ領域が利用される。

【0016】ワークステーション10に与えられる3Dグラフィック表示機能は、ロボットとワーク、周辺機

4

器、ツール等を、ディスプレイ40の画面上に表示するもので、画面上の形状表示には上記の「ロボット、ワークの形状データ」が利用される。

【0017】ロボットのように関節等の機構のある装置は、各リンク毎の形状がデータとして記録されており、また、リンク間の位置関係等については変異（書換え）可能な態様で記録されている。例えば、回転関節では、回転軸の位置とその可動範囲がシミュレーション対象のロボットに即して記録されている。

10 【0018】「教示データ」は、ロボットの動作を記述するデータで構成される。教示点の位置のデータに限らず、教示点の順序、点間の移動速度、補間形式等もこれに含まれている。また、ロボットの動作命令だけでなく、I/O命令やレジスタの命令、あるいは、ロボットプログラム自身を制御する、if~then、call等の制御命令をも含み得る。

【0019】「インタプリタ」は、教示データを解釈し、教示データを実際のロボットが実行したときの、時々刻々のロボットの挙動（動作に限らず、I/O等を含め）を求めるためのソフトウェアである。動作命令については、教示データの中の動作命令を解釈し、目的の位置、速度、補間タイプ等を（「ロボット制御装置とのインターフェイス」を経由して）ロボット制御装置に渡し、時々刻々のロボットの各関節（「関節」という語は、回転関節に限らず、直動関節等の可動部分全体を含む）の変位置、すなわち補間データを問い合わせる。

【0020】「ロボット制御装置とのインターフェイス」は、インタプリタが解釈した動作命令に含まれる、目的の位置、速度、補間タイプ等を所定のプロトコルにて、実際のロボット制御装置に送る。更に、送った動作命令をロボット制御装置が実行した結果として、時々刻々（一定の時間間隔でも、一定でなくてもよい）の補間データを受け取る。受けとった時々刻々の補間データは、インタプリタに返される。

【0021】ディスプレイとのインターフェイス14及びキーボード用I/O15は、それぞれ、3Dグラフィック表示機能による表示画面を提供するディスプレイ40（CRT、LCD等）並びにワークステーション10の操作部を構成するキーボード50のための入出力装置である。ディスプレイ40については、後に図3を参照して詳しく述べる。

【0022】一方、ロボット制御装置20は、ロボットの実機を制御するために通常使用されているものと基本的に同じものである。符号21はマイクロプロセッサで構成されるCPUで、バス24を介してメモリ22、ワークステーション制御装置20とのインターフェイス（通信インターフェイス）23の他、ここでは表記を省略したが、デジタルサーボ回路に接続される軸制御部、教示操作盤とのインターフェイス等が接続されている。なお、本発明では不要であるが、ロボットの実機を

(4)

特開平11-58276

5

6

制御する場合にはデジタルサーボ回路の出力側にロボットの実機が接続される。

【0023】メモリ22も、ROM、RAM、不揮発性メモリ等で構成されるもので、通常のロボット制御装置と同じく、シミュレーション対象としている機種のロボットの実機を制御するために必要な制御アルゴリズムが、その他のプログラム及び関連データとともに格納されている。なお、実際にロボットの実機を動作させる場合には、通常の再生運転の場合と同じく、動作プログラムがメモリ22内に用意される（ワークステーション10で作成したものを転送することも有り得る）。また、CPU21が行なう各種処理に必要なデータの一時記憶には、RAMで構成されるメモリ領域が利用されることも通常のロボット制御装置と同様である。

【0024】ワークステーションとのインターフェイス23は、ワークステーション（場合によっては他のユーザインターフェイス機器、例えばパーソナルコンピュータ、CAD等）のロボット制御装置とのインターフェイス14と接続し、そこから動作命令毎の目的位置、速度、補間タイプ等のデータを受け取る。受け取ったデータは、ロボット制御装置20内の「制御アルゴリズム（動作計画プログラムの関連部分）」に渡される。

【0025】「制御アルゴリズム」、特に動作計画プログラムの関連部分は、時々刻々の補間データを計算して求め、これをワークステーションとのインターフェイス23に返す。そして、ワークステーションとのインターフェイス23は、この補間データをワークステーション10のロボット制御装置とのインターフェイス13に送る。なお、ワークステーションとのインターフェイス23は、必要に応じて、動作計画プログラム関連部分から送られる時々刻々の補間データを一旦内部にバッファして送ることもある（メモリ22内のRAM領域を利用）。また、間引き（データ圧縮）した上で送ることもあり得る。

【0026】通信回線30は、ワークステーション10側のロボット制御装置とのインターフェイス13とロボット制御装置20側のワークステーションとのインターフェイス23の間の物理的な接続手段を提供するもので、例えばRS232C等のシリアル回線であってもよいし、Ethernet等のネットワーク回線であってもよい。

【0027】各回線として、商用の電話回線（通信衛星を利用した通信回線を含む）を利用することが出来るから、ワークステーション10（一般にはユーザインターフェイス）とアルゴリズムを提供するロボット制御装置20との間は物理的に遠隔していても構わない。

【0028】更に、ワークステーション10の各要素の内、ユーザインターフェイス部とグラフィック部をインタプリタ部と教示データから分離し、これらの間を電話回線等で接続することによって、ユーザインターフェイス

部とグラフィック部のみを遠隔地に置く構成も考えられる。

【0029】次に、図2は本システムを用いて動作シミュレーションを実行する際に作動する、ワークステーション10とロボット制御装置20の間（より具体的に言えば、両インターフェイス13、14間）の論理的なインターフェイスを、フローチャートで示したものである。本実施形態のシステムのシミュレーション動作は、オペレータがキーボード50を操作して、指定した動作プログラムについてシミュレーションの開始指令を入力することで開始される。

【0030】まず、ワークステーション10側で動作シミュレーションの対象とした動作プログラムについて教示データの読み出しがすべて完了しているか否かをチェックする（ステップS1）。全教示データの読み出し完了時を除き、ステップS2へ進み、1ブロック分の動作命令を読み出す。次いで、これを解釈（デコード）し（ステップS3）、動作命令の形でロボット制御装置20側へ送信する（破線矢印C1）。

【0031】ここでワークステーション10からロボット制御装置20に送信される動作命令には、ロボットの移動目標位置（教示点位置）、指令速度、補間タイプ（直線/円弧/各軸の別）、位置決め割合等を規定する情報が含まれている。続くステップS5では次なる動作命令の要求をロボット制御装置20から受信していないことを確認し、更にステップS6へ進んで補間データをロボット制御装置20側から受信する（破線矢印C3）。

【0032】後述するように、この補間データはロボット制御装置10側で制御アルゴリズムに含まれる動作計画プログラムに従った処理によって求められたものである。また、ステップS5で次なる動作命令の要求がロボット制御装置20から送信されて来るのは、その教示区間の経路計算処理（後述ステップT2～ステップT4参照）が完了した直後である。

【0033】ステップS6で受信した補間データは、インタプリタに渡され、メモリ12の関連部分に一旦格納される（ステップS7）。この処理が完了したらステップS5に戻り、再度動作命令の要求の受信の有無を確認する。以下、ステップS5でイエス（動作命令要求の受信有り）の出力を得るまで、ステップS5～ステップS7の処理サイクルが繰り返される。

【0034】やがて、ロボット制御装置20側でその教示区間の経路計算処理（後述ステップT2～ステップT4参照）が完了し、その直後にステップS5でイエス（動作命令要求の受信有り）の出力を得る。しからばステップS5からステップS1へ戻り、教示データの読み出しがすべて完了しているか否かを再チェックする。以下、このステップS1でイエスの出力が得られるまで、上述のステップS2以下の処理を繰り返す。

(5)

特開平11-58276

7

8

【0035】一方、ロボット制御装置20側のステップT1では、上述のステップS4（破線矢印C1）でワークステーション10から送信された動作命令のデータを受信する。上記した通り、この動作命令のデータには、ロボットの移動目標位置（教示点位置）、指令速度、縮間タイプ（直線/円弧/各軸の別）、位置決め割合等を規定する情報が含まれている。

【0036】ステップT2では、その動作命令の対象としている区間分の動作命令が完了しているか否かをチェックし、完了していない場合はステップT3へ進み、完了している場合はステップT5へ進む。ステップT3で、CPU21は通常の実線の再生運転時と同様の態様で制御アルゴリズム（特に、動作計画プログラム）を発動し、ステップT1で受信したデータに即して加減速制御の加減速時定数等を定め、1ITP分（1計算周期分）の縮間処理を行なう。

【0037】続くステップT4で、ステップT3で得られた補間データをワークステーション10に送信し（破線矢印C3参照）、ステップT2へ戻り、次の1ITP分（1計算周期分）の縮間処理を行なう。以下、同様にステップT2～ステップT4の処理サイクルと補間データの送信を繰り返す、やがてその動作命令の対象としている区間分の動作命令が完了すると、ステップT2の判断出力がイエスとなり、ステップT5へ進み、次の動作命令の要求をワークステーション10に送信し（破線矢印C2参照）、ステップT1へ戻り、次の動作命令の受信を待つ。

【0038】なお、フローチャートへの表記は省略したが、ワークステーション10側のステップS1でイエスの判断出力が出されて処理終了となった場合には、ロボット制御装置20に処理終了命令が送信されて、ロボット制御装置20側の処理も終了する。

【0039】1つの動作プログラムについて以上の論理的インターフェイスに基づく処理が完了した時点で、ワークステーション10のメモリ12には動作シミュレーションの結果を表わすデータが蓄積されている。そこで、これを3Dグラフィック機能を利用してディスプレイ40上に表示させれば、ユーザはその動作プログラムについての動作シミュレーションの結果を確認・評価することが出来る。

【0040】なお、一旦蓄積したデータに従ってシミュレーションの結果を表示する代わりに、ステップS7でインタプリタが補間データを受け取る毎に経路を描画、あるいは、ロボットの姿勢を変えて描画することが出来る。

【0041】図3には、ディスプレイ40の外観を動作シミュレーション結果を表示するグラフィック画像とともに例示したものである。ディスプレイ40は、画面41と操作ボタン42～45を備えている。画面41は、例えば液晶表示パネルからなるもので、カラー表示が行

えることが好ましい。

【0042】画面41には、ロボット、ワーク、作業室内のレイアウトなどの作業環境が、ロボットの動作経路を表示するための背景として、グラフィック表示される。ここでは、背景画像として、ロボット像Rとワーク像Wがワイヤフレーム描示方式で表示されている。ロボット像Rには、ベース、ロボットアームのグラフィック画像R1、R2及びロボットの基準位置を代表するツール先端点のグラフィック画像P0が含まれる。基準位置としては、初期位置、ベース座標系原点位置などが適宜設定される。また、本例のワーク像Wには、ワークの突起部の存在を表わすグラフィック画像W'が含まれている。

【0043】以下、上述した動作シミュレーションで得られた縮間点データを用いて、ツール先端点（基準位置P0）の動作経路を表示する方法について簡単に説明する。なお、このような経路のグラフィック表示に利用される技術自体は種々の形態のものが周知となっている。

【0044】ツール先端点の表示は、赤色点像、点滅点像、進行方向を表わす小矢印付の点像など、識別容易なもので行なうことが好ましい。ここでは、ツール先端点の動作経路、移動速度、加減速等がディスプレイの観察者に実感されるように、ツール先端点の位置を時系列的に点列表示（P1、P2、P3・・・）する。これら点像P1、P2・・・は、所定数の縮間点のデータ毎に順次表示される（後述の表示処理参照）。点列の時系列的な表示は、繰り返し行なうことが出来る。また、教示点の位置は、他の点と識別可能に表示する。図示した例では、×印で表示されている。P0はロボットの初期位置（実線の待機位置）を示すものとして表示する。これにより、図3に示されているように、P0は動作経路の始点位置として表示されることになる。

【0045】操作ボタン42～44は、グラフィック表示の視線方向、縮尺及び視点の位置を調整するボタンである。視線方向と視点の位置は、ボタン42、44の押下部位（4箇所）に応じて上下左右方向への調整が可能となっている。また、縮尺はボタン43の押下部位（2箇所）に応じて表示倍率を増大あるいは低下する方向への調整が可能となっている。

【0046】操作ボタン45は、動作経路の表示の開始/終了のための指令をワークステーション10へ送るためのボタンである。オペレータは、動作経路の表示開始を希望する時に操作ボタン45を押下すると、点列P0、P1、P2・・・の繰り返し表示が開始される。再度操作ボタン45を押下すると、表示は中止される。

【0047】図4は、本実施形態のシステムの3Dグラフィック表示機能を用いた動作シミュレーション結果の表示のための処理の概要を記したフローチャートである。オペレータが、キーボードを操作してワークステーション10を動作経路確認モードにする。すると、CP

(6)

特開平11-58276

9

U11が3Dグラフィック表示のプログラムを起動させ、画面41に背景画像がグラフィック表示される。この段階で表示されるロボット位置は基準位置（点像P0）のみである。

【0048】次いで、背景表示処理に続いて、図4のフローチャートに示したような動作経路表示処理が開始される。なお、フローチャート中、記号Fはロボットの動作経路表示中（F=1）／非表示中（F=0）に対応したフラグで、フローチャート中に記したように、ディスプレイ40の操作ボタン45を1回押下する毎に反転する。

【0049】背景画像がグラフィック表示されると、CPU11はディスプレイ40からの指令入力待つ態勢に入る（ステップD1）。操作ボタン42～44のいずれかが押下された場合であれば、ステップD2からステップD3へ進み、押下された操作ボタンに応じた表示条件調整処理（グラフィック表示の視線方向、縮尺、視点位置の調整など）を実行する。

【0050】動作経路表示の開始を希望する場合、オペレータは操作ボタン45を押下する。すると、ステップD2からステップD4へ進み、F=0（動作経路非表示中）を確認した上で、フラグをF=1に反転させる（ステップD5）。

【0051】そして、ロボット制御装置10から転送されて蓄積された補間データの内、シミュレーション対象としている動作プログラムの1ブロック分を読み込む（ステップD6）。

【0052】読み込まれた補間点データは、予め設定された表示のためのサンプリング間隔（補間点の個数で指定）でサンプリングする（ステップD7）。なお、サンプリング間隔の設定は可変とし、全補間点の表示も可能（全数サンプリング）とすることが好ましい。

【0053】次いで、ステップD7でサンプリングされた補間点について、画面41上の表示位置を計算する。表示位置は、補間点の示す空間位置と表示条件（視線方向、縮尺、視点の位置等）から求められる。

【0054】続くステップD9で未表示処理の動作経路（補間点データ）が残存しているかチェックする。残存していればステップD6へ戻る。そして、ステップD6～ステップD9は、ステップ9でイエスの判断出力が得られるまで繰り返される。

【0055】ステップD9でイエスと判断されたならば、ステップD10へ進み、サンプリングされた補間点データについて、全動作経路に沿って点列P1、P2・・・を表示する（初期位置を衰わすP0は表示済み）。点列P1、P2・・・の表示は、時系列的に行なわれることが好ましい。その場合には、P1、P2・・・の表示位置を順次計算し、それに応じた位置に点像を追加表示する処理を所定周期で繰り返し実行すれば良い。

【0056】また、教示点については、補間点とは別の

10

表示（例えば、表示の色、サイズ、形状を変える。）を行なうことが好ましい。図4に示した例では、×印で表示されている。

【0057】1回分の点列の表示を行なう処理が完了したらステップD11へ進み、新たな指令入力の有無をチェックする。操作ボタン42～45のいずれも押下されていなければ、指令入力無しと判断され、ステップD10へ戻り、再度同じ点列表示を行なう処理が実行される。即ち、オペレータが操作ボタン42～45を新たに押下しない限り、同じ点列表示が短周期で繰り返される。これによって、オペレータは動作経路の全体の確認を余裕をもって行なうことが出来る。

【0058】操作ボタン42～45のいずれかが押下されると、指令入力有りと判断され、ステップD2へ戻り、表示条件調整指令（操作ボタン42～44の押下）であるかを先ず判断する。もし、そうであれば、ステップD3へ進み、グラフィック表示の視線方向、縮尺、視点位置の調整などを実行した上で、ステップD1へ戻る。もし、オペレータが操作ボタン42～44の押下を繰り返すと、ステップD1→ステップD2→ステップD3→ステップD1のサイクルが繰り返される。なおこの間、表示条件が変更される毎に、点列P1、P2・・・の表示位置の修正計算が行なわれ、表示位置が修正されるようにする。

【0059】動作経路の確認を終え、オペレータが操作ボタン45を押下すると、ステップD2でノーが出力され、フラグFの値がチェックされる。ここではF=1であるから、ステップD12へ進み、表示を終了する処理（フラグFの反転を含む。）を実行し、処理を終了する。

【0060】最後に、図3を更に参照して、ディスプレイの画面41上で教示の誤りが発見される一つのケースを示し、併せて教示内容修正後に画面41上に表示される画像について説明しておく。なお、表示される点列に対するP_i、Q_iの表記は一部のみについて行なった。また、P0、P1・・・、Q0、Q1・・・等のキャラクター自身（点ではなく文字）の画面表示は通常は行われない。

【0061】図4において、P0、P1、P2・・・P6・・・P11、Q12・・・Q15・・・Q20・・・P23・・・P30は、ある動作プログラムについてシミュレーションを行い、その結果に基づいて画面41上に表示された点列を衰わしているものとする。このような点列の表示から、オペレータは次の章を読み取ることが可能である。

【0062】1. P0～P6：点列の軌跡の形から、初期位置P0からアプローチ点P6まで、各軸動作で移動することが理解される。また、隣合う点の間隔から、P0スタート後の加速、とP6到着前の減速が読み取れる。この区間については、特に問題は無いと判断され

(7)

特開平11-58276

11

る。

【0063】2. P6～P11:点列の軌跡の形から、アプローチ点に相当する教示点P6から作業開始点に相当する教示点P11まで、直線動作で移動することが理解される。また、隣合う点の間隔が非常に小さいことから、指令速度が低いことが判る。この区間についても、特に問題は無いと判断される。

【0064】3. P11～Q20:点列の軌跡の形から、作業開始点に相当する教示点P11からコーナ点に相当する教示点Q20まで、直線動作で移動することが理解される。また、隣合う点の間隔から、P11スタート後の加速、とQ20到着前の減速が読み取れる。この区間については、明らかに問題がある。即ち、教示点Q20は、ワークの突起部の存在を表わす画像W'と干渉する位置にあり、この背景画像が正しいとすると教示内容に誤りがあることになる。

【0065】4. Q20～P23; P11～Q20と同様に、教示点Q20がワークの突起部の存在を表わす画像W'と干渉する位置にあり、明らかに問題がある。但し、作業終了点に相当する教示点P23の位置については、干渉を生じる位置に無く、作業内容に反しない限り、特に問題は無いと判断される。

【0066】5. P23～P30:点列の軌跡の形から、作業終了点に相当する教示点P23からエスケープ点に相当する教示点P30まで、各軸動作で移動することが理解される。また、隣合う点の間隔から、P23スタート後の加速とP30到着前の減速が読み取れる。この区間については、特に問題は無いと判断される。

【0067】このような観察結果から、オペレータは教示点Q20の位置の誤りについて重点的に再検討することになるであろう。そして、オペレータは検討結果に基づいて、ワークステーション10上で動作プログラムを修正する。ここでは、教示点Q20の位置データに誤りがあり、これを修正した動作プログラムを再登録したものとす。

【0068】再度前述の動作シミュレーションを実行し、その結果得られた縮点データに基づき図4のフローチャートで説明した処理を再実行する。これにより、修正後の動作プログラムに即した動作経路がディスプレイ画面41上に表示される。

【0069】図3において、P0、P1、P2・・・P6・・・P11、P12・・・P15・・・P18・・・P23・・・P30は、このようにして新たに表示された点列の一例を表わしている。

【0070】この新たな点列の表示から、オペレータは、旧表示の点Q20に代えて、コーナ点に相当する教示点として、P18が新たに表示されていることを確認出来る。また、修正前に表示されていた点列P11～Q20並びにQ20～P23に代えて、点列P11～P20並びにP20～P23が表示されていることから、これらの動作経路は、ワ

12

ークの突起部の存在を表わす画像W'と干渉しない位置にあることが判る。P0～P6、P6～P11及びP23～P30については、修正前のプログラムについて表示された点列と同一であることも確認される。

【0071】なお、ツール先端点の最新の表示位置の移動に合わせて、ロボット像Rを動画形式で表示する表示形態を採用しても良い。そのためには、3Dグラフィック機能の中に、3次元空間上の縮点から各軸値を逆変換によって計算し、それを用いてロボット姿勢を動的に表示するソフトウェアを用意すれば良い。

【0072】以上説明したように、本実施形態のシステムにおいては、シミュレーション動作の開始をはじめとするオフラインシステムのユーザからの操作部を提供する部分、及び、シミュレーション結果の表示部を提供する部分が、ユーザインターフェイスとなるコンピュータに付属しているから、ロボット動作計算を担当する部分(ロボット制御装置)他の残り部分が遠隔地にあっても、ユーザにとって不便を感じさせることがない。

【0073】

【発明の効果】本発明のオフラインシミュレーションシステムによれば、ユーザインターフェイスとなるコンピュータをロボット制御装置と接続し、ロボット制御装置側が元来持っている制御アルゴリズムを動作シミュレーション時に必要となる経路等の計算処理に借用し、ユーザインターフェイス用のコンピュータ側でその計算結果を受け取り、これをディスプレイによる経路表示等を通してユーザに提供するようにしたので、従来のオフラインシミュレーションシステムとは異なり、動作シミュレーションのための制御アルゴリズムをユーザインターフェイス側で用意する必要がなくなる。

【0074】また、ユーザインターフェイスとなるコンピュータとロボット制御装置との接続手段に電話回線を利用すれば、シミュレーションのためのロボット制御装置を用意する必要はなくなる。更に、ユーザインターフェイス部とグラフィック部をオフラインシステム本体(インタプリタ部と教示データ)から分離して公共回線で接続すれば、端末からオフラインシステムを利用することが可能になる。そのため、高価なオフラインシステムを購入する必要がなくなり利用料金だけの安価なシステムを提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従ったオフラインシミュレーションシステムの全体構成を要部ブロックで表わしたものである。

【図2】本システムを用いて動作シミュレーションを実行する際に作動する、ワークステーションとロボット制御装置の間の論理的なインターフェイスを、フローチャートで示したものである。

【図3】実施形態のシステムで用いられるディスプレイの外観を動作シミュレーション結果を表示するグラフィ

(8)

特開平 11-58276

13

14

ック画像とともに例示したものである。

【図4】実施形態のシステムの3Dグラフィック表示機能を用いた動作シミュレーション結果の表示のための処理の概要を記したフローチャートである。

【符号の説明】

10 ワークステーション

11 CPU

12 メモリ

13 ロボット制御装置とのインターフェイス

14 ディスプレイとのインターフェイス

15 キーボード用入出力装置

* 16 バス

20 ロボット制御装置

21 CPU

22 メモリ

23 ワークステーションとのインターフェイス

24 バス

30 通信回路

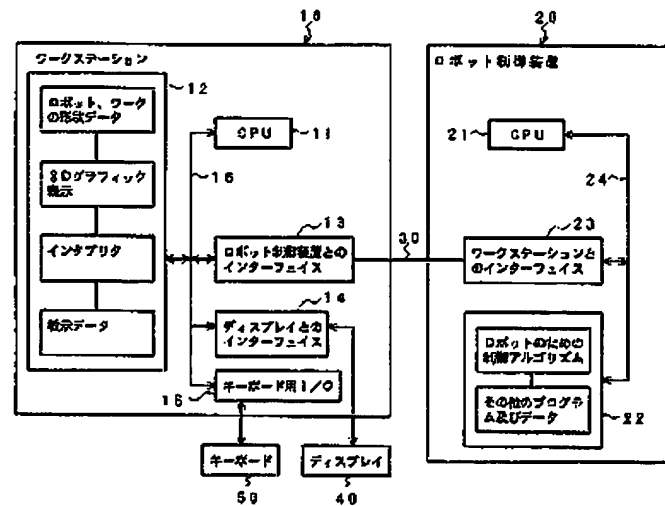
40 ディスプレイ

41 ディスプレイの画面

10 42~45 ディスプレイの操作ボタン

* 50 キーボード

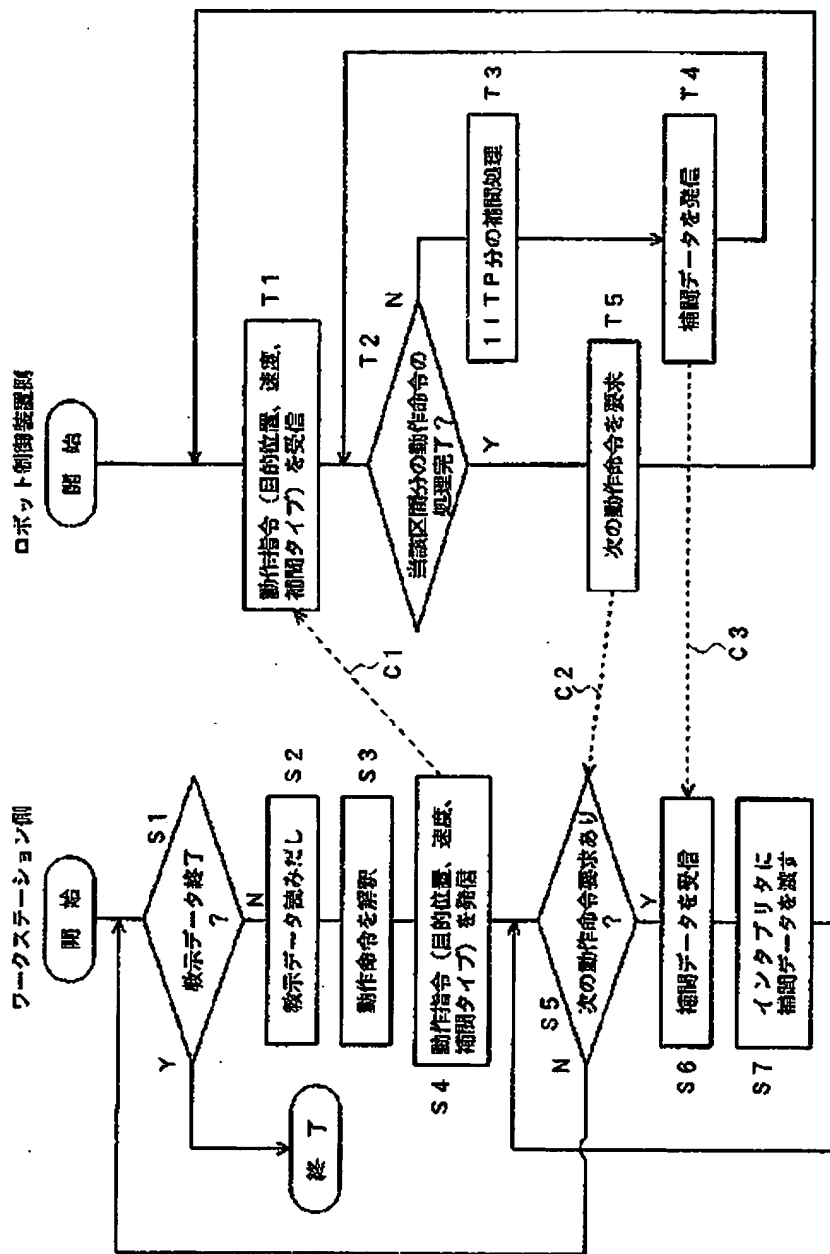
【図1】



(9)

特開平11-58276

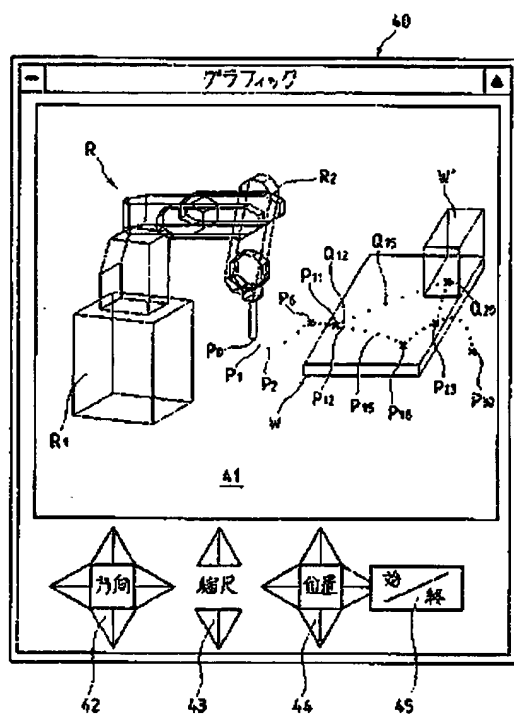
【図2】



(10)

特開平11-58276

【図3】



(11)

特開平11-58276

【図4】

